

**Contribuição para o conhecimento da capacidade e vigor  
germinativos de sementes de *Acacia dealbata* Link. e  
*Acacia longifolia* (Andr.) Wild.**

**Filipe Alexandre de Andrade Marques**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais**

Orientador: António Manuel Dorotêa Fabião

Coorientador: Marta Cristina Reis Carneiro Falcão Afonso

PRESIDENTE - Doutora Maria Helena Reis de Noronha Ribeiro de Almeida,  
Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de  
Lisboa.

VOGAIS - Doutor António Manuel Dorotêa Fabião, Professor Associado com  
agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

- Doutora Ana Maria da Silva Monteiro, Professora Auxiliar com agregação do  
Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

2014

## Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, incentivo, disponibilidade e empenho de diversas pessoas. Por esta razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a finalização do meu percurso académico.

Ao Professor António Fabião, meu orientador, agradeço a oportunidade de realizar este trabalho e a sabedoria que transmiti-o durante estes anos, no qual sem ele não era possível, assim como, todo o apoio, disponibilidade e orientação prestada.

À Marta Carneiro, minha co-orientadora, por toda disponibilidade, paciência, auxílio e compreensão que apresentou ao longo do tempo, assim como toda ajuda na realização prática do trabalho, no qual estive sempre presente.

À Carla Faria e restantes funcionários do viveiro florestal do ISA, agradeço o precioso apoio, material e infra-estruturas disponibilizadas ao longo do trabalho.

Ao André Fabião por toda ajuda e disponibilidade no tratamento estatístico dos dados.

À Ana Rodrigues pelo apoio e material cedido na realização prática do trabalho, assim como por toda a bibliografia cedida.

Aos meus pais, que foram peça fulcral não só no meu percurso académico, como ao longo da minha vida, com toda a força transmitida e orgulho demonstrado nas horas mais difíceis.

Aos meus irmãos pela magnífica amizade, boa disposição e confiança transmitida.

Aos meus colegas e amigos, pelo apoio e excelente amizade, que muitas vezes me ajudaram a continuar em frente.

## Resumo

O objectivo deste trabalho consistiu em aprofundar o conhecimento quanto à quebra de dormência e facilidade de germinação de sementes de *Acacia*, procurando clarificar aspectos essenciais relativos à eficiência da sua expansão por via seminal. As espécies estudadas, *Acacia longifolia* (proveniência: Sintra) e *Acacia dealbata* (proveniência: Fundão e Vale do Rio Cabrum) são consideradas das invasoras mais agressivas do género em Portugal. Para ambas as espécies realizaram-se dois ensaios de propagação seminal: um ensaio de germinação em câmara e outro em viveiro. De forma a quebrar a dormência do tegumento, usou-se água quente (90°C, escaldão longo) em todas as sementes. Determinou-se o peso das sementes, a taxa de germinação e o índice de vigor. No ensaio do viveiro foram também comparadas entre si quanto à taxa de mortalidade e vitalidade, através da análise da fluorescência da clorofila *a*. Os resultados indicaram que *Acacia longifolia* apresenta maior aptidão que a *A. dealbata* para a reprodução por via seminal. Essa capacidade ficou demonstrada por um potencial de germinação em câmara significativamente maior do que na *Acacia dealbata*, por uma maior taxa de germinação em viveiro e por uma superior vitalidade das plantas produzidas, expressa numa taxa de mortalidade pós-germinativa significativamente mais baixa.

**Palavras-chaves:** *Acacia longifolia*; *Acacia dealbata*; fluorescência da clorofila; germinação; proveniências; propagação seminal.

## Abstract

The aim of this study was to improve the knowledge on seed-coat dormancy and germination skills of *Acacia*, seeking to clarify key aspects relating to the efficiency of its expansion through seed propagation. The species, *Acacia longifolia* (provenance: Sintra) and *A. dealbata* (provenances: Fundão and Cabrum river valley), are considered two of the most invasive of its genus in Portugal. For both species two seed propagation tests were performed: one for pre-germination treatment and another for germination in nursery environment. In these trials, we determined the weight of seeds, the germination rate and the vigor index; hot water (90° C followed by 24 hour immersion) was used to break the seed-coat dormancy. In the experiment performed in the nursery the two species were also compared for the rate of mortality, and for vitality through the determination of chlorophyll fluorescence. The results indicated that *Acacia longifolia* has a higher fitness than *A. dealbata* to seed propagation. This capability was confirmed by a potential germination in chamber significantly higher than that of *A. dealbata*, by a higher germination rate in nursery and higher vitality of seedlings produced, measured by a post-germinative mortality rate significantly lower.

**Keywords:** *Acacia longifolia*; *Acacia dealbata*; germination; provenances; seed propagation; Chlorophyll fluorescence.

## Extended abstract

The Portuguese forests have always had an important role on the conservation of natural resources within the terrestrial environment, being crucial in a climate change context and for the conservation of natural values. They also offer a multifunctional space with numerous environmental, economic and social benefits, directly and indirectly improving the quality of life of people and the global sustainability. However, with the increasing demand for new raw materials and the improvement of long-distance transport, new intercontinental relations were established and new plant species were introduced all over the world outside their native range. This provided a new and different form of progression of plant species, leading to ecosystem changes and often producing competition between native and introduced species, the latter behaving occasionally as aggressive invaders. Biological invasions are nowadays one of the biggest threats to the integrity of native plant communities, leading to structural changes on natural ecosystems and becoming one of the main drivers of global change.

Some botanical *taxa* have a "heavy" record rate of invasions in several areas of the world, especially the genus *Acacia* Mill., with several species recognized as having customary invasive behavior in the temperate region. The genus is part of the family Fabaceae Lindl, with about 1300 perennial woody species, most of which (more than 900) native to Australia and Africa. In southern Europe and more specifically in the Mediterranean region, invasion by acacia species has been an increasing problem, often with local loss of communities of native flora and ecosystems. In Portugal, the aim of the introduction of *Acacia* was to fix the sand dunes and provide protection to vast plantations of maritime pine. Later, due to decrease of economic importance and abandonment of the stands, and also due to favorable Portuguese environmental characteristics (such as low levels of soil nutrients, irregular climate and frequent occurrence of wildfires), those species developed an invasive behavior. The success of acacias as invasive species may be attributed to their high production of seeds with high longevity in the soil and efficient dispersion, and also to seed germination stimulated by fire, high growth rate of individual plants and absence of natural enemies.

Two of the more common species with invasive behavior in Portugal are *Acacia longifolia* (Andr.) Wild. and *Acacia dealbata* Link. Taking into account the numerous environmental problems related to the invasion by acacias and the availability of woody material from this source, the use of biomass for energy may prove to be an option for sustainable management, or even for long-term eradication within invaded areas. This

study fits into this context, aiming to improve the present knowledge regarding the seed-coat dormancy and the aptitude for seed germination of the two species, to clarify key details on the effectiveness of its expansion via seed propagation.

For this study, we used seeds of *Acacia longifolia*, harvested in the area of Sintra, and seeds of *Acacia dealbata*, harvested on two distinct sources (Fundão and Cabrum river valley). The three batches of seeds were weighed and two propagation tests were performed, one for pre-germination under controlled conditions (in a germination chamber) and another for germination test in nursery environment. Germination rate and vigor index were determined for both tests after seed scarification with hot water (80-100 ° C), followed by immersion in the same water for a period of 24 hours. In the nursery germination test the rate of post-germination mortality was also determined and the vitality of the surviving seedlings was assessed using the chlorophyll a fluorescence of leaves as an indicator.

Data analysis was performed using SPSS 19 (PASW Statistics, version 19.0.0, 2010; © SPSS Inc.). Data normality and the homogeneity of variances were tested using, respectively, the Kolmogorov-Smirnov and Levene's test. Whenever there was normal distribution and homogeneity of variances, the data was analyzed by ANOVA and Dunnett's T3 test. In absence of normal distribution, statistical analysis was performed using non-parametric tests. To investigate the differences between the different provenances Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were performed.

The results showed significant differences between *Acacia longifolia* and *Acacia dealbata*, especially in seed weight and seed germination rate, both under controlled conditions and in nursery, and in the vitality of produced seedlings, assessed by leaf chlorophyll a fluorescence. The different provenances of *Acacia dealbata* (Cabrum river valley vs. Fundão), only showed significant differences in the germination test performed in nursery.

*Acacia longifolia* showed a significantly higher fitness than *A. dealbata* for dispersion via seed propagation. This capability was demonstrated by a potential germination under controlled conditions significantly higher than in *A. dealbata*, by a higher rate of germination in nursery and a higher vitality of seedlings produced, expressed by a post-germinative mortality rate significantly lower and a chlorophyll a fluorescence significantly higher.

## Índice

1. Introdução.....	1
2. Materiais e Métodos .....	9
2.1. Recolha e caracterização das sementes .....	9
2.2. Limpeza e pré-tratamentos de germinação.....	9
2.3. Ensaio de germinação em condições controladas.....	9
2.4. Ensaio de Emergência em Viveiro .....	10
2.5. Parâmetros de avaliação.....	11
2.6. Análise de dados.....	16
3. Resultados.....	17
3.1. Peso das sementes.....	17
3.2. Testes de germinação em condições controladas .....	17
3.3. Germinação em Viveiro.....	19
3.4. Parâmetros de avaliação .....	21
4. Discussão .....	24
4.1. Considerações gerais quanto às diferenças entre espécies e proveniências	24
4.2. Peso das sementes.....	24
4.3. Testes de germinação em condições controladas .....	25
4.4. Germinação em Viveiro.....	26
4.5. Fluorescência da Clorofila <i>a</i> .....	27
5. Conclusão.....	31
6. Bibliografia.....	33
7. Anexos.....	40

## Lista de Quadros

Quadro 1. Peso médio dos 6 lotes (10 sementes por lote) das 3 proveniências das sementes. Letras diferentes a seguir ao valor indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3). .....	17
Quadro 2. Percentagem de sementes germinadas após 76 dias. Os valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney). .....	17
Quadro 3. Percentagem de emergência em viveiro no final do ensaio. Os valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , Dunnett T3). .....	19
Quadro 4. Percentagem de mortalidade das plantas originadas no final do ensaio. Os valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3). .....	20
Quadro 5. Vigor germinativo após 76 dias. Não se detectaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ , teste de Dunnett T3) entre as duas espécies ou entre as duas proveniências de <i>A. dealbata</i> . .....	21
Quadro 6. Índice de vigor da germinação após 90 dias. por indivíduo. Letras diferentes a seguir ao valor indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3). .....	22
Quadro 7. Resumo da Fluorescência da clorofila <i>a</i> . As letras indicam a existência (ou não) de diferenças significativas ( $p < 0,05$ , Dunnett T3). .....	23
Quadro 8. Resumo das diferenças preditas ao longo do estudo. 1: <i>Acacia dealbata</i> (Cabrum); 2: <i>Acacia dealbata</i> (Fundão); 3: <i>Acacia longifolia</i> . Germinação em Câmara: Taxa de germinação no fim do ensaio; Germinação em Viveiro: Taxa de emergência no fim do ensaio. ....	24



## Lista de Figuras

Figura 1. Disposição dos diferentes tratamentos e respectivas repetições nos tabuleiros da câmara de germinação. ....	10
Figura 2. Preparação das plantas para a medição da Fluorescência da clorofila <i>a</i> . ....	14
Figura 3. Medição da Fluorescência da clorofila <i>a</i> recorrendo a um fluorómetro portátil. ....	14
Figura 4. Germinação acumulada das espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.....	18
Figura 5. Emergência acumulada das três espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.....	20
Figura 6. Taxa de Mortalidade acumulada das três espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.....	21

## Lista de Abreviaturas

FAO - Food and Agriculture Organization.

ENE - Estratégia Nacional para a Energia.

FER - fontes de energia renováveis.

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.

ISA - Instituto Superior de Agronomia.

ISTA - International Seed Testing Association.

N - Azoto.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Pentóxido de fósforo.

K<sub>2</sub>O - Óxido de potássio.

V - Índice de vigor.

PS II - Sistema fotossintético II.

QA - Moléculas de quinona A aceitadora de electrões.

QB - Moléculas de quinona B aceitadora de electrões.

Fv - fluorescência variável da clorofila *a* em folhas adaptadas ao escuro.

Fm - fluorescência máxima da clorofila *a* em folhas adaptadas ao escuro.

Fo - fluorescência basal da clorofila *a* em folhas adaptadas ao escuro.

Fv/Fm - (QY) - eficiência fotoquímica máxima do PSII.

ANOVA - Análise de variância.

## 1. Introdução

As florestas são essenciais ao fornecimento de serviços ecológicos, ambientais e económicos necessários e de primeira importância para os seres vivos (FAO, 2012). Actualmente a área florestal mundial total corresponde a 31% da superfície terrestre (FAO, 2012) desempenhando um papel crucial nas alterações climáticas e na conservação de valores naturais, sendo reconhecidos como espaços primordiais no melhoramento da qualidade de vida das populações e na sustentabilidade mundial.

Ao longo dos últimos anos a noção de “sustentabilidade ambiental” tem ganho bastante relevância, sendo invocada indistintamente por diferentes sujeitos e em contextos diferentes. O conceito ganhou ênfase devido à pressão exercida pelo homem sobre o ambiente, com o contínuo e exorbitante crescimento da população mundial, com uma proporção crescente da mesma visando adoptar um estilo de vida segundo o modelo da sociedade ocidental actual. Estes grandes impulsionadores vieram quebrar barreiras geográficas, em relação com o aumento na facilidade de transporte a longas distâncias e o acréscimo e intensificação da procura e exploração de novos recursos naturais (Cronk e Fuller, 1995; Wilson *et al.*, 2011).

Um dos principais e mais disputados vectores desta conexão Intercontinental é o “Ouro Negro”. A intensificação da procura de petróleo como fonte de energia tem-se revelado como um dos problemas económicos, ambientais e políticos mais graves da actualidade, encontrando-se actualmente a decorrer a terceira crise petrolífera (Sachs, 2007). Sendo um dos pilares da sustentabilidade necessária e um forte impulsionador de desenvolvimento dos países, a produção de energia é, desde os tempos mais remotos, um assunto de disputa e de bastante controvérsia. Apesar desta discrepância de ideias, a descoberta de novos recursos energéticos e a aplicação de novas técnicas podem facultar a solução ou minimização dos efeitos negativos das crises de energia.

A utilização de energia proveniente de recursos naturais renováveis é uma das alternativas ao uso de combustíveis fósseis, permitindo a esperança de se desenvolver uma sustentabilidade ambiental de um nível mais elevado para o futuro (Richardson e Verwijst, 2005). Contudo, para o avanço de um país a nível energético, de forma a ambicionar e conceber um nível mais elevado de soberania nessa vertente, é essencial reduzir e eliminar a dependência energética de combustíveis fósseis e criar um sistema energético fundamentado no “Ouro Verde”, com recurso a fontes de

energia renováveis e presumivelmente inesgotáveis, desde que exploradas de forma sustentada (Sayigh, 1999; Richardson e Verwijst, 2005).

O contexto Português é análogo à realidade vivida um pouco por todo o mundo, devido à rarefacção e crescimento dos preços dos recursos energéticos de origem fóssil, sendo a dependência energética externa portuguesa bastante elevada. Contudo, Portugal começa a tomar iniciativas para contornar o problema, e o interesse no uso da energia de biomassa tem aumentado significativamente nos últimos anos, apoiado por uma preocupação crescente em matéria de sustentabilidade energética. Em 2010 foi lançada a “Estratégia Nacional para a Energia” (ENE 2020), aprovada a 15 de Abril na Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, que tem como principais objectivos: (i) reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74% em 2020, (ii) uma meta de 31% de incorporação de energia de fontes de energia renováveis (FER) no consumo de energia final e ainda (iii) que 60% da electricidade produzida tenha origem em fontes renováveis.

Com a influência da legislação europeia e nacional e com os recursos bioenergéticos disponíveis no continente, destaca-se a importância da biomassa dentro do diversificado leque de possíveis e potenciais energias renováveis (Esteves *et al.*, 2011). O uso da biomassa para fins energéticos tem vindo a desenvolver-se de uma forma significativa no que diz respeito à produção de energia eléctrica (Direcção Nacional das Fileiras Florestais, 2010), enquanto a produção de calor a partir da combustão de biomassa de diferentes origens apresenta uma importância preponderante na matriz energética nacional e europeia (Boyle, 2004; Bentsen e Felby, 2012; para Portugal, cf. <http://apebiomassa.pt/#/aenergiaeabiomassa>).

De acordo com a directiva europeia 2001/77/EC de 27 de Setembro de 2001, a designação de Biomassa, neste contexto de aproveitamento energético, aplica-se à “fracção biodegradável de produtos e resíduos provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável de resíduos industriais e urbanos”.

Dentro da vasta gama alargada acima mencionada para o conceito de biomassa com uso energético, merece especial destaque a biomassa florestal, tanto pela sua natureza – frequentemente a biomassa florestal tem valor calórico elevado – como pela sua previsível abundância em resíduos não utilizados por outros tipos de aproveitamento do recurso. Portugal apresenta uma área florestal considerável para um País do Sul da Europa, abrangendo uma proporção de cerca de 35% da área total do território continental (ICNF, 2013). Nestas condições, a biomassa florestal pode dar

um contributo importante na diminuição do uso da energia fóssil importada, com benefício também na mitigação dos efeitos das alterações climáticas e na conservação dos ecossistemas naturais (Sayigh, 1999; Richardson e Verwijst, 2005).

O consumo de combustíveis fósseis para a produção de energia tem vindo a crescer exponencialmente, fazendo recesso a redução do prazo restante até ao esgotamento destes recursos naturais não renováveis e provocando alguns desequilíbrios ambientais eventualmente relacionáveis com alguma imprevisibilidade do clima e com a degradação de ecossistemas naturais; nalguns contextos, estes factos têm também levantado questões relacionadas com a perda de fertilidade de solos, ocorrência de chuvas ácidas, erradicação de espécies (isto é, extinções de âmbito local ou regional) e, claro, esgotamento de recursos minerais (Boyle, 2004).

Num contexto idêntico de globalização e facilidade de deslocação a longas distâncias, tem-se observado uma tendência crescente para a introdução de novas espécies em locais geográficos de onde não são naturais, com potenciais impactos na degradação das comunidades vegetais autóctones (incluindo as florestais), na perda de biodiversidade e na alteração estrutural dos ecossistemas naturais (Cronk e Fuller, 1995; Richardson *et al.*, 2000), em particular quando estas novas espécies perdem importância económica e deixam de ser controladas pela cultura ou outro tipo de aproveitamento; estas introduções de espécies exóticas podem estar associadas a consequências negativas também nos domínios económico e social (Williamson, 1999; Richardson e Rejmánek, 2011).

Cronk e Fuller (1995) definem como planta invasora aquela que alarga naturalmente a sua área de distribuição (sem a intervenção directa do homem) em habitats exteriores à sua área de distribuição natural, provocando alterações quase irreversíveis na composição, estrutura ou processos de funcionamento do ecossistema. No entanto o sucesso destas espécies não passa só pelos atributos específicos, mas também pelas perturbações (naturais ou antropogénicas) associadas à sua introdução e desenvolvimento (Paiva, 2005) e pela natureza e dinâmica de funcionamento dos ecossistemas invadidos (Richardson e Rejmánek, 2011). Por outro lado, estas invasões são também influenciadas directamente pela magnitude da área de distribuição natural da espécie introduzida, ou seja, espécies que apresentem uma área de distribuição mais ampla têm geralmente mais facilidade de se propagarem fora dessa área e pelas condições climáticas do local (Castro-Díez *et al.*, 2011).

Alguns *taxa* botânicos têm um historial “pesado” de invasões em diversas áreas do Mundo, destacando-se neste conjunto o género *Acacia* Mill., com várias espécies

reconhecidas como tendo comportamento invasor habitual na região temperada (Le Maitre *et al.*, 2011; Richardson *et al.*, 2011). Este género enquadra-se na família Fabaceae Lindl., incluindo, em sentido lato (o género tem sofrido alterações, com algumas espécies a serem incluídas em novos géneros com designações distintas), cerca de 1300 espécies lenhosas perenes, a maioria das quais (mais de 900) nativas da Austrália (Maslin *et al.*, 2003; Lorenzo *et al.*, 2010; Richardson *et al.*, 2011)

As acácias têm sido objecto de diversos estudos relativos ao seu comportamento invasor em distintas partes do Globo, com destaque para a América subtropical (Austin, 1978), África do Sul (Roux, 1961; French e Major, 2001), Ásia (Kutiel *et al.*, 2004) e Sul da Europa (Campos *et al.*, 2002; Marchante *et al.*, 2008; Richardson *et al.*, 2011). O trajecto e os movimentos transoceânicos deste conjunto de espécie ao longo dos tempos têm provocado relevantes discussões e acções com inúmeros impactos sociais, económicos e ecológicos (Le Maitre *et al.*, 2011; Wilson *et al.*, 2011). A agilização das ligações entre as superfícies continentais e a circunstância de diversas regiões do mundo exibirem climas semelhantes aos existentes no continente australiano (Cronk e Fuller, 1995; Richardson *et al.*, 2011), provocou um “boom” na expansão deste género (Griffin *et al.*, 2011) desde meados do séc. XVIII, quando se iniciou a expansão de várias acácias australianas, que foram plantadas em diversos países para obtenção de produtos madeireiros e taninos, como plantas ornamentais e para a fixação de areias de dunas móveis (Sheppard *et al.*, 2006; Kull *et al.*, 2011). A sua forte presença, abundância e interacção com os ecossistemas autóctones provocou a naturalização em muitos locais, tornando-se ocasionalmente uma cultura de grande importância comercial (Griffin *et al.*, 2011; Kull *et al.*, 2011) utilizada numa diversidade de contextos sociais e históricos, e seguindo diferentes alternativas de gestão dos povoamentos (Kull *et al.*, 2011).

Apesar de algumas espécies de acácias se terem tornado elementos importantes na subsistência de muitas comunidades rurais, a pressão da sua propagação quase explosiva, o crescimento rápido e o grau de utilização e dispersão (Castro-Díez *et al.*, 2011) podem ocasionar decréscimos sensíveis da diversidade biológica das comunidades nativas, provocando a formação de comunidades mono-específicas ou de habitats fortemente dominados pelas acácias (Marchante *et al.*, 2010; Pyšek e Richardson, 2010). Em consequência, cerca de 23 espécies do género *Acacia* estão descritas como exóticas invasoras algures no Mundo (Richardson e Rejmanek, 2011; Richardson *et al.*, 2011).

No Sul da Europa e mais concretamente na região mediterrânica, os ecossistemas são bastante sensíveis a perturbações naturais e de origem antropogénica (Groves e di Castri, 1991), tornado as invasões por parte de acácias uma dificuldade crescente, frequentemente com perda local de comunidades de flora nativa de determinados ecossistemas (Almeida e Freitas, 2006; Sheppard *et al.*, 2006).

Em Portugal, a introdução de *Acacia* deu-se pela mão do Serviço Florestais, com o objectivo de fixar as dunas de areia e fornecer protecção para extensas plantações de pinheiro bravo (Kull *et al.*, 2011). Almeida (1926) e Lopes (1926) mencionavam *Acacia* (com a espécie não diferenciada) como bastante interessante para fins produtivos e de interesse público, sendo considerada como uma espécie florestal de excelência. (Marchante, 2001; Almeida e Freitas, 2006). No entanto, rapidamente os investigadores e profissionais do sector alteraram a sua visão devido às características favoráveis do clima Português para a expansão de algumas das espécies, como a aridez ou semi-aridez de parte da área continental, a pobreza em nutrientes de alguns tipos de solos, nos quais as acácias foram instaladas precisamente por suportarem essa escassez nutricional, a irregularidade climática e a ocorrência do fogo desempenhando um papel de modelador da vegetação (Campos *et al.*, 2002).

Esta peculiaridade das condições edafoclimáticas proporciona os requisitos ideais para o alastramento (Marchante *et al.*, 2008; Richardson *et al.*, 2011) e a invasão dos ecossistemas naturais (Cronk e Fuller, 1995). O sucesso destas espécies fora das suas áreas de distribuição natural parece relacionar-se também com os seus elevados níveis de divergência e variação intra-específica (Le Roux *et al.*, 2011), com expressão na plasticidade fenotípica, no polimorfismo genético e na diferenciação ecotípica (Marchante, 2001; Lorenzo *et al.*, 2010). Agregando estas características ao rápido crescimento da maioria das espécies que têm carácter invasor, à ausência de inimigos naturais, à baixa especificidade de polinizadores, ao elevado sucesso de reprodução e ainda à capacidade de fixar azoto através de simbiose das raízes com bactérias fixadoras, provocando alterações no solo e, simultaneamente, nas comunidades vegetais autóctones, verificou-se a aquisição de um poder de adaptação bastante elevado a diversas condições ambientais, com altas taxas de sobrevivências (Sheppard *et al.*, 2006; Lorenzo *et al.*, 2010). Algumas das espécies deste género são actualmente de introdução proibida no meio natural em Portugal, podendo ser objecto de planos de controlo e erradicação, nos termos do Decreto-Lei n.º 565/99, de 21 de Dezembro.

A abundância de sementes com elevada longevidade e a facilidade da propagação vegetativa através de polas radicais e caulinares são factores cruciais no processo de invasão destas espécies, que desenvolveram uma variedade de estratégias de reprodução (basicamente por via seminal ou através de propagação vegetativa), usadas consoante o ambiente em torno delas, de forma a assegurar a sua continuidade (Gibson *et al.*, 2011).

Duas das espécies com comportamento invasor mais comuns e preocupantes em Portugal são a acácia-de-espigas (*Acacia longifolia* (Andr.) Wild.) e a acácia-mimosa (*Acacia dealbata* Link.). A reprodução sexuada é a estratégia mais comum em ambas as espécies em condições normais (Milton e Hall, 1981). As sementes são pequenas e leves e dotadas de funículos coloridos (o funículo é um cordão fino que liga o óvulo – e mais tarde, eventualmente, a semente – à placenta), atraentes para aves e insectos, que podem participar na dispersão, em conjunto com a água e o vento (Marchante *et al.*, 2008; Richardson e Kluge, 2008).

A sua elevada aptidão para produção de sementes com capacidade de se conservarem no solo durante muitos anos (Milton e Hall, 1981; Richardson e Kluge, 2008) é um mecanismo essencial à estabilização destas espécies e é comum na família das leguminosas (Milton e Hall, 1981; Lewis *et al.*, 2005). Este banco de sementes “oportunistas” garante a sobrevivência no solo graças ao seu tegumento duro e impermeável à água e aos gases, que permite que uma semente viável não germine, mesmo em condições óptimas de luz, temperatura, água e oxigénio, quando a probabilidade de sobrevivência é baixa (Baskin e Baskin, 2001; Fenner e Thompson, 2005), podendo esta situação alterar-se quando as condições ambientais se tornam favoráveis e, simultaneamente, ocorre uma eliminação da dormência do tegumento (Baskin e Baskin, 2001). Nos ecossistemas naturais existem vários factores de origem biótica e abiótica que enfraquecem o tegumento e permitem a germinação da semente (Baskin e Baskin, 2001; Fenner e Thompson, 2005), como por exemplo as flutuações rápidas de temperatura e humidade do solo, a acção de animais e outros organismos do solo e o fogo (Baskin e Baskin, 2001; Gibson *et al.*, 2011). Sendo espécies naturais do continente australiano, é notável uma boa adaptação a climas quentes e secos, onde a ocorrência de incêndios é frequente (Milton e Hall, 1981; Richardson e Kluge, 2008). As sementes destas espécies, sendo pirófilas, a passagem do fogo quebra a dormência do tegumento (Baskin e Baskin, 2001; Lorenzo *et al.*, 2010; Gibson *et al.*, 2011) podendo germinar com grande abundância nas áreas queimadas, onde crescem livres da competição da maioria das outras espécies (Richardson e Kluge, 2008).



Juntamente com a proliferação sexuada por via seminal e a eficiente dispersão e conservação das sementes, a propagação vegetativa desempenha um papel determinante nos processos invasivos e na competição com a vegetação autóctone (Marchante *et al.*, 2008; Lorenzo *et al.*, 2010). O fácil desenvolvimento de polas caulinares e/ou radicais após destruições da parte aérea, acidentais ou deliberadas, mecânicas ou através do fogo, garante a manutenção dos exemplares desta espécie na sequência dessas perturbações. Embora possa contribuir pouco para o aumento da área de distribuição – e invasão – o tipo de propagação vegetativa mencionado acima é sempre crucial na manutenção e viabilidade de progenitores capazes de continuarem a produzir semente com grande abundância.

Havendo inúmeros problemas ambientais relacionados com a invasão de acácias, um aproveitamento deste recurso poderia ser um passo importante na diminuição e monitorização destas (Santos *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2011). As acácias apresentam uma grande variedade de usos em todo o mundo, incluindo, por exemplo, produção de pasta celulósica e como combustível, para mobiliário e em carpintaria de exteriores e interiores (Kull *et al.*, 2011). Uma retribuição financeira pode dar um contributo importante para mitigar os custos que são de esperar na aplicação de planos de erradicação a espécies com uma persistência elevada no meio, permitindo assim, se não a eliminação, pelo menos o controlo da expansão dos povoamentos (Santos *et al.*, 2004).

Tendo em conta a determinação de Portugal em diminuir a dependência energética externa e o uso de combustíveis fósseis, bem como a disponibilidade de material lenhoso com esta origem, o aproveitamento da biomassa para a produção de energia pode estimular o corte progressivo e levar a uma gestão sustentável (Santos *et al.*, 2004), ou – preferencialmente – a uma eliminação a prazo dos focos de invasão mais difíceis de controlar por outros meios. No entanto, mais estudos ainda são necessários para avaliar o potencial destas espécies para a produção de energia.

O presente estudo insere-se neste contexto e teve por objectivo determinar a capacidade germinativa, o valor cultural e o vigor da germinação de *Acacia dealbata* de duas origens, usando como referência *Acacia longifolia*, suposta de fácil propagação por via seminal, com elevado vigor das suas plantas. Desta forma, este trabalho irá contribuir para o aumento de conhecimento quanto à quebra de dormência e facilidade de germinação de sementes das duas espécies mencionadas nos parágrafos anteriores, visando esclarecer aspectos essenciais relativos à eficácia da sua expansão por via seminal. A observação do crescimento débil de exemplares de

acácia-mimosa (*Acacia dealbata*) obtidos por via seminal a partir de um lote de semente proveniente de um pequeno povoamento isolado colocou a hipótese, agora testada, de que a semente utilizada poderia estar associada a elevada homozigocidade e eventual deriva genética, pelo que se procurou a comparação com sementes de origem geográfica diferente e com as de outra espécie – a acácia-de-espigas, *A. longifolia* – tida como de expansão igualmente fácil e rápida. As plantas obtidas foram também comparadas entre si quanto à vitalidade, seguindo a hipótese de que a proveniência geográfica da semente de acácia-mimosa poderia ter expressão nas características das plantas produzidas.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Recolha e caracterização das sementes**

As sementes da espécie *Acacia dealbata* foram provenientes de duas regiões distintas: uma na Beira Alta, no vale do rio Cabrum, com recolha em Junho de 2012, e outra na Beira Baixa, na zona do Fundão, com recolha mais tardia, em Setembro de 2012. As sementes de *Acacia longifolia* foram recolhidas em Junho de 2012, nas margens da Lagoa Azul, na Serra de Sintra.

Após a sua recolha, as sementes foram transportadas para o laboratório de Ecologia Florestal do Instituto Superior de Agronomia (ISA), onde se realizaram as actividades de descasque, limpeza e selecção. Posteriormente à separação e escolha das sementes, foi efectuada uma pesagem de 6 lotes (10 sementes cada) de cada proveniência e espécie recorrendo a uma balança com a precisão 0,001 g.

### **2.2. Limpeza e pré-tratamentos de germinação**

Antes da realização dos ensaios, as sementes das diferentes proveniências foram desinfectadas da seguinte forma (referência): imersão em lixívia durante 1 minuto, seguida de imersão em hipoclorito de sódio durante 2 minutos. No final deste processo, todas as sementes foram lavadas com água destilada.

Seguidamente e para ambos os ensaios, seguindo a recomendação de Ruiz de la Torre *et al.* (1996), as sementes foram sujeitas a um pré-tratamento – escaldão longo – de forma a quebrar a dormência do tegumento e a facilitar actividade de germinação. Este tratamento consistiu na imersão das sementes em água quente (80 – 100°C), permanecendo imersas na mesma água por um período de 24h.

### **2.3. Ensaio de germinação em condições controladas**

Os testes de germinação foram realizados no Viveiro Florestal do Instituto Superior de Agronomia, tomando como base as regras recomendadas pela *International Seed Testing Association (ISTA)* para o género *Acacia* em geral, visto não haver condições de germinação definidas especificamente para as duas espécies em estudo. Esta actividade teve início no dia 20 de Dezembro de 2012, prologando-se por um período de 76 dias (ate 06/03/2013), período em que a germinação das sementes se estabilizou.

Após os tratamentos de pré-germinação, a metodologia aplicada neste trabalho experimental consistiu na divisão das sementes em lotes de 20, com 8 repetições por cada proveniência. Os lotes de sementes (20 sementes x 8 repetições x 3 proveniências) foram colocados em Câmara de Germinação (Figura 1). O meio de germinação utilizado foi papel de filtro, mantido sempre húmido com regas semanais com água destilada, com um intervalo de temperatura a variar entre 21°C e 23° C, sem contacto com a luz, excepto durante os curtos períodos necessários para proceder às observações, e sem controlo de humidade.



Figura 1. Disposição dos diferentes tratamentos e respectivas repetições nos tabuleiros da câmara de germinação.

Durante o ensaio experimental foi efectuado um controlo periódico (ca. 3 vezes por semana), contabilizando todas as sementes que apresentavam actividade germinativa.

O critério de avaliação foi o adoptado por López *et al.* (1999), contabilizando como sementes germinadas as que apresentavam uma radícula com pelo menos 1 mm de comprimento.

#### **2.4. Ensaio de Emergência em Viveiro**

No dia 19 de Dezembro de 2012 procedeu-se à sementeira das 3 proveniências na estufa do Viveiro Florestal do ISA. Tal como nas sementes utilizadas nos testes de germinação em câmara, os 3 lotes de sementes passaram por um tratamento de pré-germinação, tendo sido posteriormente semeados em contentores com 28 alvéolos (de

210 cm<sup>3</sup>), sendo que cada alvéolo recebeu uma única semente. Foram semeadas 420 sementes de *A. longifolia* (15 repetições \* 28 alvéolos) e 392 sementes de *A. dealbata* de cada proveniência (14 repetições \* 28 alvéolos). O substrato utilizado para a sementeira foi uma combinação, na proporção de 2:1, de vermiculite e turfa fertilizada (250-450 mg/l de N; 250-350 mg/l de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 300-500 mg/l de K<sub>2</sub>O), sujeito a um regime de rega diário de 3 vezes por dia (ca. 1 a 2 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). Os contentores foram observados com uma periodicidade variável, consoante o ritmo de emergência e desenvolvimento das plantas, contabilizando o número de plantas emergidas em cada contentor. O ensaio foi dado como terminado após 90 dias (19 de Março de 2013), quando o número plantas emergidas estabilizou.

## 2.5. Parâmetros de avaliação

De forma a analisar algumas diferenças fisiológicas entre as sementes determinou-se para ambos os ensaios de germinação:

1. o número de sementes germinadas de cada espécie e região e as respectivas taxas de germinação;
2. o índice de vigor (V) das sementes estudadas, seguindo a metodologia descrita por López *et al.* (1999);
3. a fluorescência da Clorofila *a* das folhas das plantas emergidas.

### Índice de vigor da semente

Segundo a ISTA (1981) o vigor da semente “é a soma de todas as características fisiológicas da semente que determinam o desempenho da semente no solo, durante a germinação e a emergência da planta”. A sua determinação fornece informação adicional no que diz respeito às percentagens de germinação, permitindo determinar com mais exactidão a possibilidade real das sementes se estabelecerem no solo (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1989; cit. por López *et al.*, 1999).

O índice de vigor foi calculado com base na taxa de germinação, medida pela emergência visível das plantas, uma vez que os seus valores reflectem a capacidade germinativa das sementes por unidade de tempo (López *et al.*, 1999). A fórmula utilizada para o seu cálculo foi (López *et al.*, 1999):

$$V = (x_1/t_1 + x_2/t_2 + x_3/t_3 + \dots + x_n/t_n) \times 100/S,$$

Onde:

V é o Índice de Vigor;  $x_1$  a  $x_n$  representam o número de sementes germinadas (cumulativamente) a cada dia de contagem;  $t_1$  a  $t_n$  representam o número de dias, contados desde o início do ensaio, em que foram contabilizadas as sementes germinadas ( $t_{max}=90$  no presente estudo); S é o número total inicial de sementes.

Os valores do índice variam entre 0 e 100 (de nulo a muito rápido), sendo os intervalos de valores organizados da seguinte forma (López *et al.*, 1999):

Muito rápido	$33,3 \leq V \leq 100$
Rápido	$11,1 \leq V \leq 33,3$
Médio	$5,0 \leq V \leq 11,1$
Lento	$0,0 \leq V \leq 5,0$
Nulo	$0,0 = V$

### **Fluorescência da Clorofila a**

Com o objectivo de avaliar a vitalidade das plantas produzidas na estufa do viveiro florestal, utilizou-se como indicador a fluorescência da clorofila *a* das folhas. As medições deste parâmetro têm sido uma ferramenta com enorme potencial e uso no estudo de fisiologia vegetal e do funcionamento do sistema fotossintético II (PS II), fornecendo assim uma breve análise sobre a integridade do sistema fotossintético das plantas (Krause e Weis, 1991; Maxwell e Jonhson, 2000).

Como base teórica deste processo experimental assume-se que parte da energia luminosa incidente sob o aparelho fotossintético é absorvida e utilizada pelas moléculas de clorofila *a*. Após a absorção da luz solar e consoante a capacidade do sistema fotossintético, a energia pode passar por três processos distintos. A fracção maior da energia absorvida é utilizada no processo fotoquímico, na realização da fotossíntese, sendo que a restante que não é convertida, é libertada sob a forma de calor, ou reemitida como fluorescência (re-emissão na forma de luz) pelo centro de reacção PSII (Havaux e Lannoye, 1983; Maxwell e Jonhson, 2000).

Ambos os processos de dissipação de energia são competitivos e interdependentes, ou seja, um aumento de rendimento num dos processos, leva a uma diminuição nos restantes. Assim sendo, com os processos elementares da fotossíntese consegue-se prever a ausência ou a presença de imperfeições no processo fotossintético. Ou

seja, uma redução global na eficiência fotoquímica poderá levar a um aumento no rendimento da fluorescência e assim detectar rapidamente respostas das plantas ao *stress* ambiental (Maxwell e Jonhson, 2000).

O rendimento da fluorescência da clorofila *a* revela o nível de excitação da energia no processo da fotossíntese. O aumento de rendimento deste parâmetro ocorre com uma sucessiva redução do processo fotoquímico, graças à alteração do nível energético e saturação dos centros de reacção do sistema fotossintético II. Após a absorção da luz pelas moléculas de quinona (QA e QB), que funcionam como aceitadores de electrões na via fotossintética, vai ocorrer uma alteração na sua configuração electrónica, passando do estado oxidado para o estado excitado. Este fenómeno é assim responsável pela emissão de fluorescência do PSII, estando correlacionado negativamente com actividade do transporte fotossintético de electrões e sua saturação (Havaux e Lannoye, 1983; Maxwell e Jonhson, 2000).

A determinação da fluorescência da clorofila *a* decorreu nos Viveiros Florestais do ISA, no dia 19 de Março de 2013, 96 dias após a sementeira. Para a realização desta actividade foram seleccionadas as plantas em melhor estado de desenvolvimento, e as folhas que apresentavam maior área foliar. Antes de efectuar a medição, as plantas foram protegidas da luz com papel de alumínio durante 15 minutos de forma a garantir que os centros de reacção estivessem totalmente abertos e não saturados (Figura 2). Após o período de espera, e em 16 plantas por proveniência, foi seleccionada uma folha de cada planta para a realização da medição com um fluorómetro portátil, modelo FluorPen FP 100 (Figura 3).





Figura 2. Preparação das plantas para a medição da Fluorescência da clorofila *a*.



Figura 3. Medição da Fluorescência da clorofila *a* recorrendo a um fluorómetro portátil.

A escolha deste tipo de equipamento deveu-se à sua portabilidade e fácil manuseamento, permitindo a leitura de imediata de valores finais relativos à fluorescência da clorofila *a*, em condições laboratoriais ou de campo, seguindo aliás o recomendado por Krause e Weis (1991) para determinações deste parâmetro.



O funcionamento deste equipamento passa pela emissão de feixes de luz fotossinteticamente activa, que ao incidir na folha (que se encontra protegida de outras fontes de luz) provocam o bloqueio do PS II, provocando a saturação dos transportadores de electrões, impedindo assim a ocorrência do processo fotoquímico e induzindo a máxima emissão de fluorescência da clorofila *a*, que é captada por um sensor.

Além do valor de fluorescência máxima ( $F_m$ ), este aparelho fornece ainda outros parâmetros da fluorescência da clorofila, como a fluorescência basal ( $F_o$ ), que ocorre quando todos os centros de reacção do PSII estão em estado oxidado e susceptíveis a receber um electrão, a fluorescência variável máxima ( $F_v$ ), que é a diferença entre  $F_m$  e  $F_o$  (eficiência quântica de centros abertos de PSII) e ainda o rendimento quântico do fotossistema II, que é a razão entre  $F_v$  e  $F_m$ . Este último foi o princípio escolhido para análise da fluorescência da clorofila *a*, de modo a avaliar a vitalidade das plantas (Krause e Weis, 1991; Maxwell e Jonhson, 2000).

## **2.6. Análise de dados**

A análise de dados foi realizada recorrendo ao software estatístico SPSS 19 (PASW Statistics, Release 19.0.0, 2010; ©SPSS Inc.). Para a exploração dos dados e construção de gráficos recorreu-se ao software Microsoft® Office Excel® 2007 SP2 (©Microsoft Corporation, 2007).

A normalidade dos dados foi verificada recorrendo ao Teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias através do Teste de Levene. Sempre que se verificou normalidade da distribuição, os dados foram analisados através de Análise de Variância e do teste T3 de Dunnett, uma vez que não existia homogeneidade das variâncias.

Quando não se confirmou a normalidade da distribuição, a análise estatística foi realizada recorrendo a testes não paramétricos, pois não se cumpriam os pressupostos da análise de variância (ANOVA). A utilização deste tipo de testes, ainda que inevitável, aumenta a probabilidade de ocorrer um erro do Tipo II, ou seja, aumenta a probabilidade de aceitarmos que não existem diferenças entre grupos quando na realidade essas diferenças existem.

Para averiguar se existiam diferenças na taxa de germinação na câmara das três proveniências, realizou-se um teste de Kruskal-Wallis. Este teste apenas indica se existem diferenças estatisticamente significativas entre uma ou mais proveniências, mas não identifica entre quais. Deste modo, executaram-se testes de Mann-Whitney entre os diferentes pares de proveniências, para determinar quais foram significativamente diferentes entre si.

### 3. Resultados

#### 3.1. Peso das sementes

Os resultados obtidos indicaram que a espécie *Acacia longifolia* apresenta sementes significativamente mais pesadas que *A. dealbata* (Quadro 1), não se tendo encontrado diferenças significativas entre as proveniências de *A. dealbata* ( $p > 0,05$ ). No anexo III encontra-se um quadro detalhado com todas as pesagens efectuadas ao longo do ensaio e o respectivo tratamento estatístico.

Quadro 1. Peso médio dos 6 lotes (10 sementes por lote) das 3 proveniências das sementes. Letras diferentes a seguir ao valor indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3).

Espécie	Peso por lote (g)	Erro Padrão (g)
<i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)	0,107a	0,014
<i>Acacia dealbata</i> (Fundão)	0,096a	0,005
<i>Acacia longifolia</i>	0,165b	0,006

#### 3.2. Testes de germinação em condições controladas

No Quadro 2 encontram-se resumidos os resultados do ensaio realizado em câmara de germinação, com as respectivas curvas de germinação acumulada ilustradas na Figura 4. No Anexo IV pode ser consultado um quadro detalhado com a evolução das percentagens de germinação ao longo de todas as observações, apresentando-se no Anexo V os detalhes referentes ao tratamento estatístico.

Quadro 2. Percentagem de sementes germinadas após 76 dias. Os valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney).

Espécie	Nº de Sementes Inicial	Taxa de germinação (%)	Erro Padrão (%)
<i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)	160	68,1a	5,50
<i>Acacia dealbata</i> (Fundão)	160	61,3a	8,56
<i>Acacia longifolia</i>	160	97,5b	0,76

Os resultados obtidos neste ensaio indicam a superioridade germinativa da *Acacia longifolia*, com a germinação da quase totalidade das sementes. Por outro lado, é de referir a menor capacidade germinativa das duas proveniências de *A. dealbata*, com taxas de germinação estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

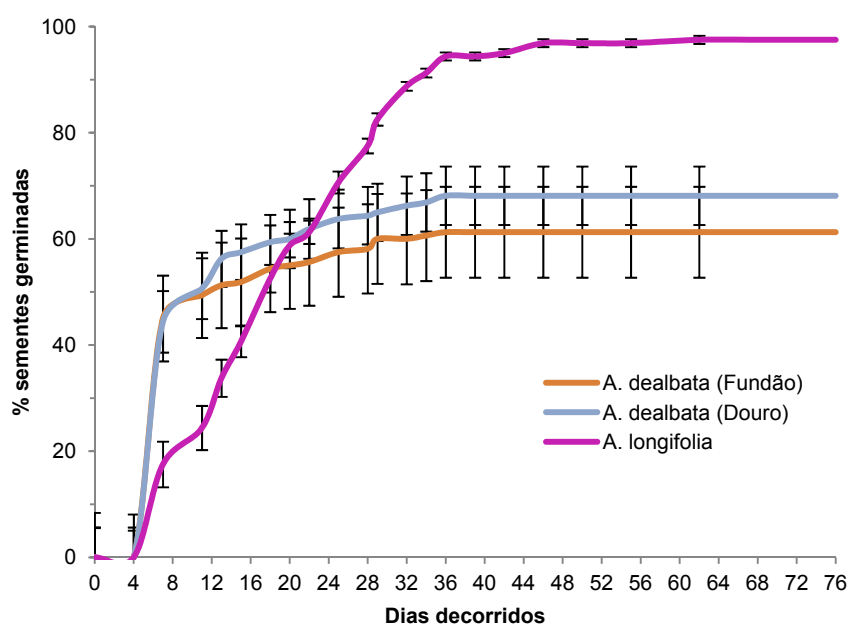


Figura 4. Germinação acumulada das espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.

De uma maneira geral, as curvas de germinação apresentam distintos ritmos de germinação entre as duas espécies, o que não acontece com as proveniências da *Acacia dealbata*, que tiveram ritmos de germinação semelhantes ao longo do tempo. Ao fim dos 76 dias de ensaio experimental, constatou-se que as sementes de *A. longifolia* apresentaram melhores resultados, atingindo uma taxa de germinação quase total em relação às sementes disponíveis, de 97,5%. Não obstante o elevado sucesso germinativo destas sementes, o ritmo de germinação foi mais lento do que em *A. dealbata*, demorando mais 26 dias a estabilizar do que ambas as proveniências desta. Comparativamente a esta espécie, a *A. dealbata* apresenta valores da taxa final de germinação bastante inferiores ao de *A. longifolia* nas duas proveniências, de 68,1% para a proveniência do rio Cabrum e de 61,3% para a do Fundão. Já o aparecimento da radícula e a rapidez de germinação das sementes foram bastante mais rápidos e abruptos, registrando-se uma taxa de germinação de 50% (cf. Anexo IV) decorridos 11 dias desde o início do ensaio. Deve contudo assinalar-se que, em 3 dos lotes da proveniência do Fundão, ocorreu acidentalmente um excesso de exposição à lixívia quando da desinfecção das sementes, o que ocasionou nesses lotes taxas de germinação muito baixas, afectando a média final obtida para aquela proveniência.

### 3.3. Germinação em Viveiro

O valor cultural obtido nos ensaios de germinação realizados em contentores no viveiro foi um pouco diferente dos descritos anteriormente, designadamente no referente às proveniências de *A. dealbata*. A proveniência do Fundão teve, neste caso, uma taxa de germinação significativamente mais elevada do que a proveniência do rio Cabrum ( $p < 0,05$ ), como pode constatar-se nos valores do Quadro 3. Os valores detalhados de germinação deste ensaio podem ser consultados no Anexo VI, constando os detalhes do procedimento estatístico descritos no Anexo VII.

Quadro 3. Percentagem de germinação em viveiro no final do ensaio. Os valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , Dunnett T3).

Espécie	Nº de Sementes Inicial	Taxa de germinação (%)	Erro Padrão (%)
<b><i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)</b>	396	51,8a	4,5
<b><i>Acacia dealbata</i> (Fundão)</b>	396	81,6b	2,3
<b><i>Acacia longifolia</i></b>	420	93,6c	1,3

No final do ensaio em contentores, a espécie que apresentou taxas de emergência significativamente superiores (93,6%) foi *Acacia longifolia*, exibindo de novo, no entanto, um ritmo de emergência mais lento e gradual do que o de *A. dealbata*, como se pode constatar na Figura 5. De realçar a rápida e elevada taxa de emergência da proveniência do Fundão desta última espécie, com 81,6%, atingindo nos primeiros 15 dias mais de 70% de plântulas emergidas (cf. Anexo VI). Na *A. dealbata* proveniente do rio Cabrum a taxa de emergência foi significativamente inferior (51,8%) à da proveniência do Fundão. No entanto, o ritmo de emergência foi também mais elevado do que em *A. longifolia*.

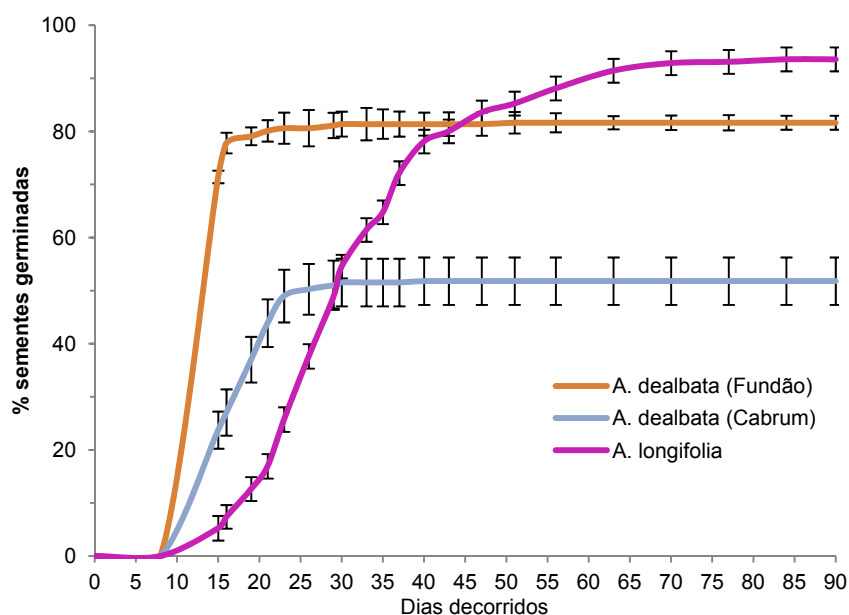


Figura 5. Emergência acumulada das três espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.

Relativamente à taxa de mortalidade, a comparação estatística (Anexo IX) permitiu encontrar diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre todas as espécies e proveniências (Quadro 4).

Quadro 4. Percentagem de mortalidade das plantas originadas no final do ensaio. Os valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3).

Espécie	Nº de plantas emergidas	Taxa de mortalidade (%)	Erro padrão (%)
<b><i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)</b>	320	40,4a	3,4
<b><i>Acacia dealbata</i> (Fundão)</b>	203	41,6b	1,3
<b><i>Acacia longifolia</i></b>	393	3,6c	3,8

Os resultados obtidos para a espécie *Acacia dealbata* são bastante negativos visto que, para ambas as regiões de proveniência, as taxas de mortalidade no viveiro foram bastante elevadas, atingindo 40,4% para a proveniência do rio Cabrum e 41,6% para a do Fundão (Figura 6). Para a espécie *Acacia longifolia*, apenas 3,6% das plantas emergidas foram consideradas mortas. No Anexo VIII apresenta-se um quadro descritivo detalhado com a evolução das taxas de mortalidade das novas plantas.

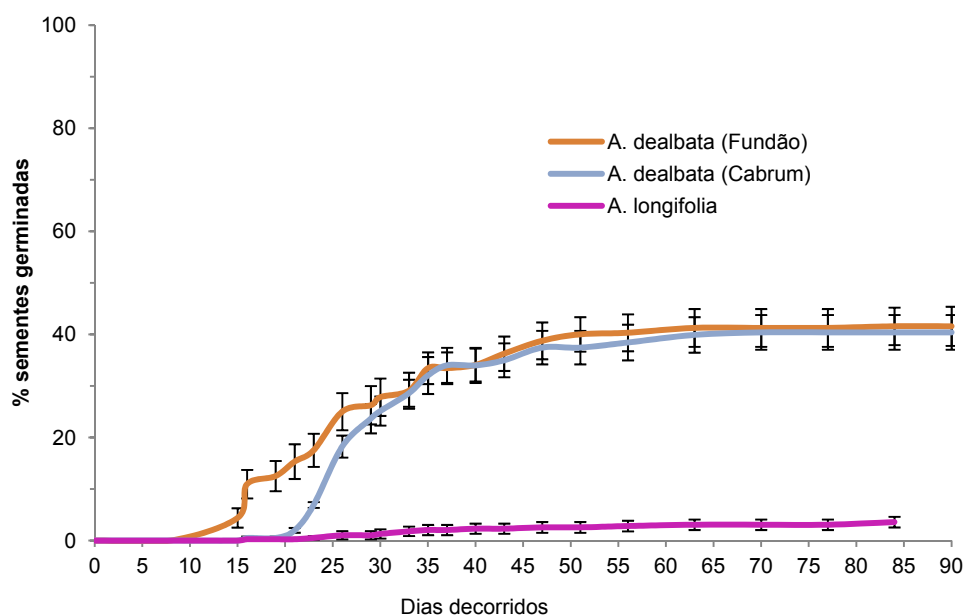


Figura 6. Taxa de Mortalidade acumulada das três espécies e proveniências estudadas. As barras verticais representam o erro padrão.

### 3.4. Parâmetros de avaliação

#### Índice de vigor de germinação

##### Ensaio de germinação em condições controladas

O vigor germinativo das duas espécies e das duas proveniências de *Acacia dealbata* foi “Muito Rápido”, sendo *A. longifolia* a que apresentou o valor mais elevado, seguido da proveniência do rio Cabrum e da do Fundão de *A. dealbata* (Quadro 5). As diferenças entre espécies e proveniências não foram, contudo, estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Os detalhes do procedimento estatístico adoptado podem-se consultar no Anexo X.

Quadro 5. Vigor germinativo após 76 dias. Não se detectaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ , teste de Dunnett T3) entre as duas espécies ou entre as duas proveniências de *A. dealbata*.

Espécie	Nº de Sementes Inicial	Índice de vigor (%)	Erro Padrão (%)
<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	160	51,7	24,1
<i>A. dealbata</i> (Fundão)	160	47,8	35,4
<i>A. longifolia</i>	160	55,0	11,5

### Ensaio de germinação em viveiro

No índice de vigor, os resultados obtidos no viveiro foram inferiores aos do ensaio de pré-germinação (Quadro 6). Tendo em conta a classificação deste parâmetro, o vigor germinativo determinado para a *Acacia dealbata* do Fundão foi “Muito rápido”, sendo os restantes casos classificados como “Rápido”.

Verificou-se a existência de diferenças significativas entre o vigor germinativo ( $p < 0,05$ ) das duas proveniências de *Acacia dealbata*, assim como entre *A. dealbata* (Fundão) e a *A. longifolia*. Os detalhes dos testes estatísticos efectuados para averiguar da existência de diferenças significativas no índice de vigor entre as diferentes espécies e proveniências podem ser consultados no Anexo XI.

Quadro 6. Índice de vigor da germinação após 90 dias. por indivíduo. Letras diferentes a seguir ao valor indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ , teste de Dunnett T3)

Espécie	Nº de Sementes Inicial	Índice de vigor (%)	Erro Padrão (%)
<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	396	28,2a	9,7
<i>A. dealbata</i> (Fundão)	396	50,8b	4,9
<i>A. longifolia</i>	420	29,0a	2,9

### Fluorescência da Clorofila a

No quadro 7 encontram-se resumidos os resultados das determinações da fluorescência da clorofila a efectuadas nas plantas produzidas das duas espécies e das duas proveniências de *A. dealbata*. No Anexo XII e XIII podem ser consultados, respectivamente, a descrição detalhada de todas as medições efectuadas no ensaio experimental e do respectivo tratamento estatístico.

Os resultados indicam que as sementes da espécie *Acacia longifolia* originam plantas com viabilidade superior e condições fisiológicas mais adaptadas, apresentando valores de fluorescência de clorofila a significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) que as duas proveniências de *A. dealbata*, (Quadro 7) . Pelo contrário, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre as duas proveniências de *Acacia dealbata*.



Quadro 7. Resumo da Fluorescência da clorofila *a*. As letras indicam a existência (ou não) de diferenças significativas ( $p < 0,05$ , Dunnett T3).

Espécie	Fluorescência da clorofila <i>a</i>	Erro Padrão
<b><i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)</b>	0,720a	0,040
<b><i>Acacia dealbata</i> (Fundão)</b>	0,683a	0,084
<b><i>Acacia longifolia</i></b>	0,761b	0,029

## 4. Discussão

### 4.1. Considerações gerais quanto às diferenças entre espécies e proveniências

Os resultados gerais obtidos neste trabalho, como se pode testemunhar no Quadro 8, revelam claramente a existência de diferenças significativas entre a espécie *Acacia longifolia* e *A. dealbata*, nomeadamente no que se refere ao peso das sementes, às taxas finais de germinação obtidas tanto em condições controladas como no viveiro, e no respeitante à vitalidade das plantas produzidas, usando como indicador da mesma a fluorescência da clorofila

Quadro 8. Resumo das diferenças preditas ao longo do estudo. 1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*. Germinação em Câmara: Taxa de germinação no fim do ensaio; Germinação em Viveiro: Taxa de germinação no fim do ensaio.

Parâmetros	Resultados		
Peso	1=2	1≠3	2≠3
Germinação em Câmara	1=2	1≠3	2≠3
Germinação em Viveiro	1≠2	1≠3	2≠3
Fluorescência	1=2	1≠3	2≠3

As razões para estas diferenças estão naturalmente relacionadas com as diferenças entre as características morfológicas das duas espécies, descritas neste texto no Anexo I, com base na informação coligida e publicada por Marchante *et al.* (2005), bem como com as suas histórias filogenéticas distintas (Miller *et al.*, 2011). Pedley (1978) utilizou as características morfológicas do género *Acacia*, em especial folhas e inflorescências, para explicar a variação dentro do género e fundamentar a separação destas e outras espécies como distintas. Apesar de ser considerada uma ferramenta útil para explicar a variação existente dentro deste género, alguns autores não consideram esta divisão como os grupos naturais (Maslin *et al.*, 2003; Maslin, 2006). Maslin *et al.* (2003) sugere uma nova organização dentro do género *Acacia*, de forma a explicar a variação existente, baseada na sua informação genética e nas características dos seus cloroplastos.

### 4.2. Peso das sementes

O diferente peso das sementes pode estar relacionado com a circunstância de se terem obtido taxas de germinação mais elevadas em *Acacia longifolia* do que em *A.*

*dealbata*, já que as plantas em reprodução tendem a alocar uma quantidade relativamente fixa dos seus recursos para a produção de sementes (Fenner e Thompson, 2005), o que sugere que espécies que apresentam sementes de maior tamanho e peso, em igualdade de outras condições, possuem maior quantidade de reservas de energia na semente e, potencialmente, melhores condições de sucesso no crescimento e desenvolvimento da planta (Fenner, 1993). Tem-se, aliás, confirmado a existência de correlações entre a biometria das sementes e o sucesso no aparecimento de novas plantas (Haig e Westoby, 1991).

Esta relação é enfatizada através dos resultados da análise da fluorescência da clorofila *a* e das respectivas taxas de mortalidade (germinação em viveiro), onde as plantas com maior vitalidade e com menores taxas de mortalidade corresponderam às sementes mais pesadas (*A. longifolia*) e as sementes mais leves corresponderam às plantas de menor vitalidade, com maior taxa de mortalidade (*A. dealbata*, proveniência do Fundão).

Num estudo ilustrado por Iván Quiroz *et al.* (2009), no Chile – com condições climáticas também do tipo Mediterrâneo – o peso calculado para as sementes de *Acacia dealbata* foi bastante distinto dos obtidos neste estudo, 0.107 g (Proveniência Cabrum) e 0.096 g (Proveniência Fundão), apresentando valores bastante superiores, de 0.1786 g (10 sementes/lote).

#### 4.3. Testes de germinação em condições controladas

Os testes germinação vieram indicar uma possível confirmação do crescimento débil da *Acacia dealbata* através da via seminal, visto que apresentou taxas de germinação baixas. No entanto, a acácia-de-espigas foi a espécie que apresentou as melhores taxas de germinação, sendo *A. dealbata* a que apresentou germinação mais rápida.

A rápida germinação conseguida por *A. dealbata* poderá estar relacionada com a resistência do tegumento, visto que o processo de germinação só se inicia após a quebra de dormência (William, 1991; Hartmann *et al.*, 2002). Os resultados parecem assim sugerir que *A. dealbata* apresenta um tegumento de menor resistência, fundamentando em William (1991) e Baskin e Baskin (2001), que confirmam que a velocidade de germinação pode ser explicada pela taxa de absorção de água, processo que coincide com a primeira fase de germinação. Os resultados obtidos neste estudo (Anexo IV), ao 7º dia de ensaio experimental, já apresentavam 45% (*A. dealbata*, Fundão) e 44.4% (*A. dealbata*, Cabrum) de sementes germinadas, o que vai ao encontro do trabalho compilado por Gunn (2001), relatando que as sementes de *A.*

*dealbata* começam a germinar após o sexto dia. Por sua vez, *A. longifolia*, ao 7º dia só apresentava 17.5% das sementes germinadas, o que confirma o retardamento no processo de germinação relativamente a *A. dealbata*. A diversidade genética dentro da população poderá ser um factor de bastante importância nas diferenças encontradas. No entanto há necessidade de aprofundar a investigação quanto a esse aspecto, pois não foi feita neste estudo qualquer avaliação da resistência do tegumento. De forma a completar a coerência deste trabalho e a sustentar os resultados obtidos, o estudo da viabilidade das sementes pelo teste do tetrazólio, que não se efectuou no presente estudo, poderia ser um elemento relevante.

Relativamente às taxas de germinação obtidas, os seus valores sugerem que o processo de quebra da dormência da semente foi mais eficaz para *A. longifolia*, aproximando-se dos resultados obtidos por Medeiros e Zanon (1999) no Brasil, usando metodologias similares às do nosso estudo, com valores aproximadamente de 90%.

Os diferentes resultados entre espécies e regiões são considerados dentro da normalidade, indo ao encontro da bibliografia consultada que refere que o tipo e a dureza do revestimento das sementes é uma adaptação ao clima e às condições a que as plantas estão sujeitas (Holmes e Moll, 1990; Fenner, 1993). Contudo, não houve diferenças significativas entre as diferentes proveniências, o que eventualmente se poderá atribuir a diferenças pouco acentuadas entre as características ambientais das duas regiões de origem da semente.

As taxas de germinação para *A. dealbata* do Fundão foram bastante inferiores às taxas de germinação conseguidas no ensaio do viveiro. As causas para a disparidade de valores estão relacionadas com o facto de 3 dos lotes usados apresentarem taxas de germinação bastante inferiores, devido a um erro na desinfeção das sementes, como já foi referido na apresentação dos resultados. Este facto sugere que os respectivos valores de germinação poderiam ter sido mais elevados e comparáveis aos que foram obtidos em viveiro.

#### **4.4. Germinação em Viveiro**

Os resultados mostram que as sementes e as plantas originadas das diferentes regiões de *Acacia dealbata* são bastante semelhantes, não apresentando diferenças significativas entre elas, excepto no ensaio de germinação em viveiro (Quadro 3). As razões para tal estão provavelmente relacionadas com o facto de que a germinação em viveiro é um palco mais próximo da realidade natural, ao contrário da câmara de

germinação que reflecte o potencial máximo de germinação da semente sob condições ambientais próximas do óptimo para a germinação.

Os resultados obtidos na germinação em viveiro de *Acacia dealbata* do Fundão aproximam-se dos obtidos por Doran e Turnbull (1997), com 74% de germinação e de Pinilla *et al.* (2004), com 80% de germinação após 30 dias. A proveniência do Douro, ao contrário dos restantes casos estudados, apresenta valores bastante inferiores. Contudo, deve-se salientar que apesar deste insucesso, estes valores vão ao encontro dos obtidos por Iván Quiroz *et al.* (2009) no Chile.

Quanto ao vigor das sementes, apesar de todas as espécies e proveniências apresentaram bons resultados, *Acacia longifolia* apresentou claramente maior vigor germinativo quando instalada em contentores de viveiro, sugerindo uma preponderância da via seminal nos processos naturais de regeneração.

As causas para os diferentes resultados entre proveniências e espécies podem ser de origem genética (por exemplo, variações da espessura do tegumento da semente, viabilidade das sementes), diferentes estados de maturação das sementes, e/ou climas diferentes (Fabião, 2011). Estas variações são confirmadas pela bibliografia, que documenta a ocorrência de variações entre indivíduos da mesma espécie devido às influências ambientais durante o desenvolvimento das sementes e à variabilidade genética (Turnbull, 1995).

#### **4.5. Fluorescência da Clorofila *a***

Ao longo das medições efectuadas verificou-se que os valores de QY (*Quantum Yield*) ou Rendimento Quântico do PS II para as plantas, em todas as proveniências, se mantiveram sempre abaixo da ordem dos 0,75 e 0,85, o que sugere que as plantas não se encontram num bom estado vegetal encontrando-se com o aparelho fotossintético em condições inviáveis. (Bolhàr-Nordenkamp *et al.*, 1989; Krause e Weis, 1991; Maxwell e Jonhson, 2000). No entanto, em plantas jovens não totalmente expandidas, a concentração de clorofila é menor, logo a resposta é inferior á observada nas folhas totalmente expandidas (Rodrigues, 2013, Comunicação pessoal). Com isto, os nossos resultados levam a crer que as plantas produzidas de *Acacia dealbata* (Cabrum) e *Acacia longifolia* encontram-se num bom estado vegetal, pois mesmo sendo plantas bastante jovens, os valores obtidos são bastante próximos do intervalo de referência (0,75 a 0,85). No entanto, apesar da ausência de diferenças significativas entre as duas proveniências de *A. dealbata*, a proveniência do Fundão

apresenta valores de fluorescência considerados baixos – indicativo de um PS II pouco eficiente.

De forma a averiguar e realçar os resultados obtidos na análise da fluorescência da clorofila a, optou-se por realizar um ensaio experimental sobre análise de concentração de clorofilas das plantas produzidas em viveiro (Anexo XIV). Como seria de esperar, *Acacia longifolia* apresentou concentrações de clorofila mais elevadas que as restantes. Para *Acacia dealbata*, a proveniência do Douro apresentou maiores teores que a proveniência do Fundão, enfatizando os resultados obtidos ao longo do estudo.

As taxas de germinação obtidas em viveiro não apresentam relação aparente com a vitalidade das plantas. De facto, a proveniência do Fundão de acácia-mimosa, que apresentou uma taxa de germinação em viveiro de 81,6%, foi a que teve indicadores de vitalidade das plantas (fluorescência da clorofila a) mais baixos, bem como uma elevada taxa de mortalidade das plantas emergentes.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo experimental, a espécie *Acacia longifolia* aparenta propagar-se melhor por via seminal do que *Acacia dealbata*, que apresenta sementes de inferior qualidade, com baixas taxas de germinação, elevadas taxas de mortalidade e menor vitalidade de plantas produzidas. Este facto parece validar a hipótese colocada inicialmente relativamente à menor eficácia da *Acacia dealbata* na sua expansão por via seminal, relativamente à acácia-de-espigas.

Observando os distintos ritmos de germinação e emergência de plantas de ambas as espécies, é interessante constatar que *Acacia longifolia* apresenta um ritmo de germinação escalonada, ao contrário da *Acacia dealbata* que apresenta um ritmo de germinação mais abrupto. Com isto, percebe-se que *Acacia longifolia* apresenta maior possibilidade de sobrevivência de plantas, pois comporta-se como uma infestante típica. Já a *Acacia dealbata* apresenta um ritmo de germinação idêntico ao que seria de esperar numa planta cultivada, após uma selecção dirigida para a homogeneidade dos tempos de germinação.

Gibson *et al* (2011), numa revisão bibliográfica, mostrou uma pequena vantagem da *A. longifolia* em relação a *A. dealbata*, em termos de viabilidade e quantidade da semente, oscilando, no entanto, de estudo para estudo. Esses mesmos autores referem *Acacia* como um género cujas sementes têm habitualmente alta viabilidade (> 85%) e baixa germinação ao longo do tempo (veja-se também Milton & Hall, 1981) quando em condições naturais, o que dificulta a interpretação dos resultados obtidos

no presente estudo, que incluiu tratamento de pré-germinação. No entanto, em Portugal, a germinação e a viabilidade total para as sementes localizadas no solo, em zonas recentemente invadidas por *Acacia longifolia*, têm sido consideradas mais elevadas do que noutros locais, e com dormência das sementes menos acentuada (Marchante *et al.*, 2010). No que se refere à durabilidade do banco de sementes no solo e à dormência apresentada pelas sementes, Milton & Hall (1981) afirma que apenas 1,5% dessas sementes não são consideradas viáveis para *A. longifolia*, sendo que as sementes do solo apresentam níveis constantes de dormência e viabilidade com o decorrer do tempo.

Por outro lado, não se obtiveram diferenças significativas entre as proveniências de *A. dealbata* no ensaio em câmara de germinação, sugerindo que o potencial para a propagação seminal é à partida semelhante nas duas proveniências desta espécie. No ensaio em viveiro, pelo contrário, as duas proveniências tiveram taxas de germinação significativamente diferentes, o que pode eventualmente ser atribuível a épocas de maturação e de colheita da semente ligeiramente diferentes (Junho para a proveniência do rio Cabrum e Setembro para a do Fundão).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, e conhecida a capacidade destas espécies em alocar recursos utilizados na sua reprodução para a persistência vegetativa (Wilcock e Neiland, 2002), assume-se como suposição deste trabalho que *Acacia dealbata* adopta como estratégia principal de reprodução a propagação vegetativa. A preferência por esta estratégia de propagação é confirmada por Marchante *et al* (2008) para Portugal, Lorenzo *et al* (2010) para diversos países da Europa e Fuentes-Ramírez *et al.*, (2011) para o Chile, que afirmam que a capacidade de propagação vegetativa é um mecanismo reprodutivo importante na *A. dealbata*. A capacidade de propagação vegetativa é significativamente maior para as espécies invasoras de *Acacia* (Gibson *et al.*, 2011) o que leva a considerar a *A. dealbata* como a invasora terrestre mais agressiva presente em Portugal continental (Marchante *et al.*, 2005).

Este trabalho vai ao encontro da bibliografia existente, onde se afirma que as características de germinação, por si só, não são factores dominantes na avaliação e classificação das plantas invasoras (Richardson e Kluge, 2008). Características como a biometria das sementes e propagação vegetativa são também de bastante importância.

No entanto, a ausência de estudos nesta matéria, ou a incidência de muitos deles em observações com poucos ou nenhuns ensaios experimentais, bem como o facto dos

estudos experimentais se focarem principalmente no controlo e erradicação, dificultam a compreensão do papel da regeneração vegetativa na dispersão destas espécies, geralmente temidas como invasoras devido à abundância e persistência das sementes no solo. Justifica-se, por isso, prosseguir esta linha de investigação com ensaios de propagação por estacas caulinares e, se possível, pelas radiculares, a fim de confirmar experimentalmente a relevância deste tipo de propagação, sobretudo em *A. dealbata*.



## 5. Conclusão

A proveniência geográfica das sementes de *Acacia dealbata* não afectou de forma significativa o potencial germinativo das sementes em condições controladas (em câmara de germinação). Contudo, em condições de propagação em viveiro, a taxa de germinação e o vigor germinativo das plantas produzidas foi significativamente superior na proveniência do Fundão relativamente à do rio Cabrum, anulando a hipótese colocada inicialmente.

Deve contudo referir-se que a proveniência do rio Cabrum produziu plantas com vitalidade (medida pela fluorescência da clorofila a) mais elevada do que as do Fundão, sugerindo que a proveniência da semente tem expressão nas características das plantas produzidas, mas as diferenças encontradas carecem de significância estatística, pelo que não se confirmou a hipótese colocada de a proveniência ter expressão nas características das plantas produzidas.

Concluiu-se também que a acácia de espigas (*Acacia longifolia*) apresentou uma aptidão claramente mais elevada do que a acácia-mimosa (*A. dealbata*) para a dispersão por via seminal, confirmando o estatuto que geralmente lhe é atribuído de invasora com grande agressividade. Essa aptidão ficou demonstrada por um potencial de germinação em câmara com condições óptimas significativamente maior do que na acácia-mimosa, por uma maior taxa de germinação em viveiro e por uma superior vitalidade das plantas produzidas, expressa numa taxa de mortalidade pós-germinativa significativamente mais baixa e uma fluorescência da clorofila significativamente mais elevada.

O avanço dos conhecimentos quanto ao vigor da germinação e ao valor cultural da semente destas espécies invasoras constitui um elemento importante para servir de base quer à sua erradicação pura e simples, quer (em alternativa ou em complemento, com base regional) a formas de uso controlado que permitam de alguma forma limitar a sua expansão. De facto, a utilização da sua biomassa para fins de produção de energia, ou outros, pressupõe importantes tomadas de decisão quanto à conveniência de proceder simplesmente a cortes de plantas que possam expor um banco de sementes do solo abundante e pronto a germinar, a par de uma eventual propagação por via vegetativa após o abate dos progenitores. A possível opção por uma manutenção dos povoamentos sob controlo apertado pressupõe, por isso, garantias quanto a continuidade da exploração da biomassa, o que deve ser bem ponderado neste contexto de espécies invasoras que a própria regulamentação nacional condena

simplesmente a planos de eliminação, cuja implementação poderá ser dispendiosa. Trata-se, assim, de matéria a ponderar num contexto de gestão estratégica para o País e/ou para as suas diversas regiões.

## 6. Bibliografia

- Almeida, A. (1926). Le Portugal forestier. *Boletim da Sociedade Broteriana*, vol. IV (II série), 125-143.
- Almeida, J., & Freitas, H. (2006). Exotic naturalized flora of continental Portugal-A reassessment. *Botanica Complutensis*, 30, 117-130.
- Austin, D. F. (1978). Exotic plants and their effects in Southeastern Florida. *Environmental Conservation*, 5, 25-34.
- Baskin, C., & Baskin, J. (2001). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
- Bentsen, N. S., & Felby, C. (2012). Biomass for energy in the European Union – a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnology for Biofuels* 5:25
- Bolhar-Nordenkamp, H., Long, S., Baker, N., Oquist, G., Schreiber, U., & Lechner, E. (1989). Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology*, 3, 497-514.
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University, United Kingdom.
- Campos, J., Rocha, M., & Tavares, M. (2002). Controlo de Acácias com Fitocidas nas Dunas do Litoral. *Silva Lusitana*, 10, 201 - 206.
- Castro-Díez, P., Godoy, O., Saldaña, A., & Richardson, D. (2011). Predicting invasiveness of Australian acacias on the basis of their native climatic affinities, life history traits and human use. *Diversity and Distributions*, 17, 934–945.
- Cronk, Q., & Fuller, J. (1995). *Plant Invaders: The threat to natural ecosystems*. Chapman & Hall, London.UK:
- Direcção Nacional das Fileiras Florestais (2010). *Culturas Energéticas Florestais – Primeira abordagem do levantamento da situação actual*. ICNF, Lisboa.
- Doran, J., & Turnbull, J. (1997). *Australian Trees and Shrubs : species for land rehabilitation and farm planting in the tropics*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.

- Esteves, T. C., Ferreira, A. J., Teixeira, J. C., & Cabral, P. (2011). The bioenergy potential for the centre Region of Portugal: the use of biomass as a fuel source. *World Renewable Energy Congress*. Sweden.
- Fabião, A. (2011). Contributo para a Optimização da Produção em Viveiro de *Retama sphaerocarpa* (L.) Boissier. *Dissertação para a obtenção do Grau Mestre em Gestão e Conservação de Recursos Naturais*. Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Évora, Lisboa.
- FAO. (2012). *State of the World's Forests 2012*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Fenner, M. (1993). *Seed ecology*. Chapman & Hall, London.
- Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, New York.
- French, K., & Major, R. (2001). Effect of an exotic *Acacia* (Fabaceae) on ant assemblages in South African fynbos. *Austral Ecology*, 26, 303-310.
- Fuentes-Ramírez, A., Pauchard, A., Cavieres, L., & García, R. (2011). Survival and growth of *Acacia dealbata* vs. native trees across an invasion front in south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 261, 1003–1009.
- Gibson, M., Richardson, D., Marchante, E., Marchante, H., Rodger, J., Stone, G., et al. (2011). Reproductive biology of Australian acacias: important mediator of invasiveness? *Diversity and Distributions*, 17, 911–933.
- Griffin, A., Midgley, S., Bush, D., Cunningham, P., & Rinaudo, A. (2011). Global uses of Australian acacias – recent trends and future prospects. *Diversity and Distributions*, 17, 837–847.
- Groves, R., & di Castri, H. (1991). *Biogeography of Mediterranean Invasions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gunn, B. (2001). *Australian Tree Seed Centre Operations Manual*. CSIRO Forestry and Forest Products, Canberra.
- Haig, D., & Westoby, M. (1991). Seed size, pollination casts and angiosperm success. *Evolutionary Ecology*, 5, 231-247.

- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., & Geneve, R. (2002). *Plant Propagation: Principles and Practices (Seventh Edition)*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Havaux, M., & Lannoye, R. (1983). Chlorophyll Fluorescence Induction: A Sensitive Indicator of Water Stress in Maize Plants. *Irrigation Science*, 4: 147-151.
- Hobbs, R., & Humphries, S. (1995). An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology*, 9, 761-770.
- Holmes, P., & Moll, E. (1990). Effect of depth and duration of burial on alien *Acacia saligna* and *Acacia cyclops* seeds. *South African Journal of Ecology*, 1, 12–17.
- ICNF. (2013). *IFN6 – Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental. Resultados preliminares*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Lisboa.
- Iván Quiroz M., Marta González O., Edison García R., Karoline Casanova D., & Hernán Soto G. (2009). *Ensayo de germinación para semillas de Acacia dealbata Link procedentes de un sector de Cuesta Lastarria, Loncoche, Región de la Araucanía*. Instituto Forestal – INFOR, Chile.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). (1981). *Handbook of vigour test methods*. Zurich, Switzerland.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). (2011). *Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2011 Edition*. Zurich, Switzerland.
- Krause, G., & Weis, E. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology*, 42: 313-349.
- Kull, C., Shackleton, C., Cunningham, P., Ducatillon, C., Dufour-Dror, J., Esler, K., et al. (2011). Adoption, use and perception of Australian acacias around the world. *Diversity and Distributions*, 17, 822–836.
- Kutiel, P., Cohen, O., Shoshany, M., & Shub, M. (2004). Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. *Landscape Urban Planning*, 67, 141-156.
- Le Maitre, D., Gaertner, M., Marchante, E., Ens, E.-J., Holmes, P., Pauchard, A., et al. (2011). Impacts of invasive Australian acacias: implications for management and restoration. *Diversity and Distributions*, 17, 1015–1029.

- Le Roux, J., Brown, G., Ndlovu, J., Richardson, D., Thompson, G., & Wilson, J. (2011). Phylogeographic consequences of different introduction histories of invasive Australian *Acacia* species and *Paraserianthes lophantha* (Fabaceae) in South Africa. *Diversity and Distributions*, 17, 861-871.
- Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., & Lock, M. (2005). *Legumes of the World*. Kew Press, London.
- Lopes, J. (1926). A flora do concelho de Vimioso. *Boletim da Sociedade Broteriana*, vol. IV (II série), 130-138.
- López, J., Devesa, J., Ruiz, T., & Ortega-Olivencia, A. (1999). Seed germination in Genisteae (Fabaceae) from South-West Spain. *Phyton*, 39, 107-129.
- Lorenzo, P., González, L., & Reigosa, M. (2010). The genus *Acacia* as invader: the characteristic case of *Acacia dealbata* Link in Europe. *Annals of Forest Science*, 67, 101 (p1-p11).
- Marchante, E., Kjølner, A., Struwe, S., & Freitas, H. (2008). Short- and long-term impacts of *Acacia longifolia* invasion on the belowground processes of a Mediterranean coastal dune ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 40, 210–217.
- Marchante, E., Marchante, H., & Freitas, H. (2003). Invasion of the Portuguese dune ecosystems by the exotic species *Acacia longifolia* (Andrews) Wild.: effects at the community level. In L. Child, J. Brock, G. Brundu, K. Prach, P. Pyšek, P. Wade, et al., *Plant Invasions: Ecological Threats and Management Solutions* (pp. 75-85). Backhuys, Netherlands.
- Marchante, H. (2001). *Invasão dos ecossistemas dunares portugueses por Acacia: uma ameaça para a biodiversidade nativa*. Faculty of Science and Technology, University Coimbra, Coimbra.
- Marchante, H., Marchante, E., & Freitas, H. (2005). *Plantas Invasoras em Portugal - Fichas para Identificação e Controlo*. Ed. Autores, Coimbra.
- Marchante, H., Marchante, E., & Hoffmann, H. (2010). Seed ecology of an invasive alien species, *Acacia longifolia* (Fabaceae), in Portuguese dune ecosystems. *American Journal of Botany*, 97, 1–11.
- Maslin, B. (2006). *Classification and phylogeny of Acacia: a synopsis*. Obtido de <http://www.worldwidewattle.com/infogallery/taxonomy/classification.php>

- Maslin, B., Miller, J., & Seigler, D. (2003a). Overview of the generic status of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae). *Australian Systematic Botany*, 16, 1-18.
- Maxwell, K., & Johnson, G. (2000). Chlorophyll fluorescence - A practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668.
- Medeiros, A., & Zanon, A. (1999). *Superação da Dormência em Sementes de Acácia-Marítima (Acacia longifolia)*. Embrapa Florestas (Circular Técnica 32), Colombo.
- Miller, J., Murphy, D., Brown, G., Richardson, D., & González-Orozco, C. (2011). The evolution and phylogenetic placement of invasive Australian *Acacia* species. *Diversity and Distributions*, 17, 848–860.
- Milton, S., & Hall, A. (1981). Reproductive biology of Australian acacias in the south-western Cape Province, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 44, 465–485.
- Paiva, M. (2005). Invasive species: ecological impacts and management possibilities. *Proceedings of the 1st International Symposium on Invasive Species* (pp. 14-16). LPN, Lisboa.
- Pedley, L. (1978). A revision of *Acacia* Mill. *Austrobaileya*, 1, 75–234.
- Pinilla, J., Molina, M., & Gutierrez, B. (2004). *Manual de Producción de plantas de Acacia dealbata, A. mearnsii y A. melanoxylon. Proyecto Masificación y Desarrollo de Opciones productivas en base a especies de Acacia probadas en Chile*. INFOR, Chile.
- Pysek, P., & Richardson, D. (2010). Invasive species, environmental change and management, and ecosystem health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 25–55.
- Richardson, D. M., Pysek, P., Rejmánek, M., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.
- Richardson, D., & Kluge, R. (2008). Seed banks of invasive Australian *Acacia* species in South Africa: Role in invasiveness and options for management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 10, 161–177..

- Richardson, D., Carruthers, J., Hui, C., Impson, F., Miller, J., Robertson, M., et al. (2011). Humam-mediated introduction of Australian acacias-a global experiment in biogeography. *iversity and Distributions*, 17, 771-787.
- Richardson, J., & Verwijst, T. (2005). Sustainable bioenergy production systems: environmental, operational and social implications. *Biomass and Bioenergy*, 95–96.
- Richardson, D., & Rejmánek, M. (2011). Trees and shrubs as invasive alien species - a global review. *Diversity an Distributions*, 17, 788-809.
- Roux, E. (1961). History of the introduction of Australian acacias on the Cape Flats. *South African Journal of Science*, 57, 99-102.
- Ruiz de la Torre, J., Carreras, C., García Viñas, I., & Orti, M. (1996). *Manual de la Flora para la Restauración de Áreas Críticas y Diversificación en Masas Forestales*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Santos, A., Simões, R., Pereira, H., & Anjos, O. (2004). Santos, A., Simões, R., Pereira, H., Anjos, O., 2004. Alternative species for the forest industry as forms of diversify the landscape. *II Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Foresta*, Barcelona.
- Sachs, I. (2007). A revolução energética do século XXI. *Estudos Avançados* 21, 59, 21-38.
- Sayigh, A. (1999). Renewable energy—the way forward. *Applied Energy*, 15-30.
- Sheppard, A., Shaw, R., & Sforza, R. (2006). Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Research*, 46, 93–117.
- Wellburn, A.R (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144, 307-313.
- Wilcock, C., & Neiland, R. (2002). Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in Ecology & Evolution*, 7, 270–277.
- Willan, R. (1991). *Guía para la Manipulación de Semillas Forestales: con Especial Referencia a los Trópicos*. Estudio FAO Montes 20/2. DANIDA Forest Seed



Center & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Williamson, M. (1999). Invasions. *Ecography* 22:, 5-12.

Wilson, J., Gairifo, C., Gibson, M., Arianoutsou, M., Bakar, B., Baret, S., et al. (2011). Risk assessment, eradication, and biological control: global efforts to limit Australian acacia invasions. *Diversity and Distributions*, 17, 1030–1046.

## 7. Anexos

## Anexo I

Ficha técnica da espécie *Acacia dealbata*.

### ***Acacia dealbata***

#### **DISTRIBUIÇÃO:**

**Natural:** sudoeste Australiano e Tasmânia;

**Portugal:** espalhada por todo o Continente;

#### **CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS:**

- Porte:** arbóreo (até 15/30 m), copa de arquitectura cónica ou arredonda;
- Ritidoma:** liso, acinzentado (exemplares jovens), vermelho-escura a cinzenta, dura e gretada na base dos troncos (exemplares adultos);
- Folhas:** pequenas de cor verde acinzentada, limbo composto, bipinuladas de comprimento variável (entre 6 a 10 cm), folíolos pequenos de forma linear de extremidade arredondada;
- Flores:** inflorescências de cor amarelada, flores reunidas em capítulos (aprox. 30 a 40 flores) de 5 a 6 mm de diâmetro (Ocorre entre Janeiro a Abril);
- Frutos:** seco em forma de vagem ligeiramente encurvada, cor castanho-avermelhada;
- Semente:** pequena dimensão, leve (aprox. 0.01 mg), presença de um arilo esbranquiçado, acumulação debaixo da copa.
- Dispersão:** bióticos: Aves e formigas; Abióticos: Linhas de água, Vento e força da gravidade.

#### **PREFERÊNCIAS AMBIENTAIS DE INVASÃO:**

- Clima:** boa adaptação a climas quentes e secos, onde o fogo é um modelador ordinário e motor de germinação, esta espécie é muitas vezes encontrada em zonas frescas ou margens de linhas de água.
- Solos:** prefere solos siliciosos, apesar de tolerar solos pobres em nutrientes e arenosos, vulgarmente encontrada em regiões montanhosas e em margens de estradas;
- Altitude:** resistente até altitudes de 493 metros;
- Outras:** encontrados a partir de 947 metros até 116 km de distância do mar.

**MOTIVO DE INTRODUÇÃO:**

Introduzida em Portugal entre 1902 e 1905 no Parque Nacional Peneda-Gerês (liberal e esteves, 1999) para fins ornamentais e fixação dos solos.

**ESTATUTO EM PORTUGAL:**

Espécie invasora (classificada no anexo I do Decreto-Lei n° 565/99, de 21 Dezembro), considerada uma das mais agressivas no Continente Português;

**CARACTERÍSTICAS QUE FACILITAM A INVASÃO:**

Apresenta rápido crescimento, forte capacidade de emancipação de descendência fértil a partir de propagação vegetativa e elevada produção de semente pirófilas. A sua presença forma povoamentos densos, conduzindo assim a um decréscimo de biodiversidade e alterações nas comunidades nativas. Ostenta ainda a capacidade de alterar a estrutura química do solo, graças à sua capacidade de fixação de azoto, provocando ainda efeitos alelopáticos que impedem o desenvolvimento de outras espécies.

**OUTROS LOCAIS ONDE É INVASORA:**

Europa (França, Espanha, Itália, Turquia), África do Sul, Nova Zelândia, oeste dos EUA (Califórnia), Ásia (Índia, Sri-Lanka), América do Sul (Argentina, Chile), Madagáscar.

## Anexo II

Ficha técnica da espécie *Acacia longifolia*.

### Acacia longifolia

#### DISTRIBUIÇÃO:

**Natural:** sudoeste Australiano;

**Portugal:** ao longo do litoral de Norte a Sul e no interior do Alentejo e Algarve;

#### CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS:

**Porte:** arbóreo ou arbustivo (até 8 m), copa arredondada que por vezes alcança o nível do solo;

**Ritidoma:**

**Folhas:** filódios laminares de forma oblongo-lanceoladas (6 a 15 cm), presença de 2 a 4 nervuras longitudinais ao longo da folha;

**Flores:** cor amarelo-vivo reunidas em espigas axilares de 2 a 4 cm;

**Frutos:** em forma de vagens cilíndricas, contorcidas na maturação de cor castanha;

**Semente:** pequena dimensão, leve (aprox. 0.017 mg), pretas com funículo curto e esbranquiçado, acumulação debaixo da copa;

**Dispersão:** pássaros e formigas.

#### PREFERÊNCIAS AMBIENTAIS DE INVASÃO:

**Clima:** dunas costeiras, alguns cabos e ao longo das margens de linhas de água.

**Solos:** solos arenosos podendo ser encontrado também nas proximidades de vias de comunicação, jardins, taludes e áreas de montanha mais interiores;

**Altitude:** 0 e 469 metros de altitude;

**Outras:** encontrados a até 38 km de distância do mar.

#### MOTIVO DE INTRODUÇÃO:

Visando a utilização desta espécie como árvore ornamental e estabilização de dunas costeiras, foram introduzidas as primeiras parcelas entre 1888 e 1929 nas dunas de São Jacinto.

**ESTATUTO EM PORTUGAL:**

Espécie invasora (classificada no anexo I do Decreto-Lei n° 565/99, de 21 Dezembro).

**CARACTERISTICAS QUE FACILITAM A INVASÃO:**

Elevada capacidade de produção de semente de grande longevidade, capacidade de propagação vegetativa, germinação estimulada pelas altas temperaturas frequentes do nosso clima e o seu rápido crescimento, conduz a povoamentos densos que acarretam inúmeros problemas para a flora e fauna nativa. Simultaneamente com estes factores, com a sua capacidade de aumentar as concentrações de Azoto no solo, através da folhada produzida e da relação de simbiose árvore/bactérias, torna-se assim uma das maiores ameaças aos ecossistemas naturais levando a extinção da flora nativa e tornando difícil a recuperação destas áreas.

**OUTROS LOCAIS ONDE É INVASORA:**

No continente europeu (França, Espanha, Itália, Turquia), África do Sul, Nova Zelândia, América do Sul (Brasil), oeste dos EUA (Califórnia), Ásia (Israel).

## Anexo III

**Pesagem das sementes:** peso dos diferentes lotes (27/11/2012).

Lotes (10 sem/lot)	<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	<i>A. dealbata</i> (Fundão)	<i>A. longifolia</i>
1	0,120	0,091	0,157
2	0,082	0,096	0,163
3	0,108	0,094	0,169
4	0,12	0,103	0,175
5	0,096	0,09	0,167
6	0,116	0,102	0,162
Média:	0,107	0,096	0,1655

Unidades: g

**Pesagem das sementes:** resultados das análises estatísticas do peso dos lotes.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Pesagem Sementes	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	0,017	2	0,008	83,098	0,000

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Peso Sementes	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	0,0110	0,00662	0,345
1 vs 3	0,0585	0,00674	0,000
2 vs 3	0,0695	0,00339	0,000

## Anexo IV

**Ensaio pré-germinação:** Evolução das percentagens de germinação das 3 proveniências ao longo dos 76 dias.

Data	Dia	<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	<i>A. dealbata</i> (Fundão)	<i>A. longifolia</i>
20-12-2012	0	0,0	0,0	0,0
27-12-2012	7	44,4	45,0	17,5
31-12-2012	11	50,6	49,4	24,4
02-01-2013	13	56,3	51,3	33,8
04-01-2013	15	57,5	51,9	40,6
07-01-2013	18	59,4	54,4	52,5
09-01-2013	20	60,0	55,0	58,8
11-01-2013	22	61,9	55,6	61,3
14-01-2013	25	63,8	57,5	70,6
17-01-2013	28	64,4	58,1	77,5
18-01-2013	29	65,0	60,0	82,5
21-01-2013	32	66,3	60,0	88,8
23-01-2013	34	66,9	60,6	91,3
25-01-2013	36	68,1	61,3	94,4
28-01-2013	39	68,1	61,3	94,4
31-01-2013	42	68,1	61,3	95,0
04-02-2013	46	68,1	61,3	96,9
08-02-2013	50	68,1	61,3	96,9
13-02-2013	55	68,1	61,3	96,9
20-02-2013	62	68,1	61,3	97,5
27-02-2013	69	68,1	61,3	97,5
06-03-2013	76	68,1	61,3	97,5



## Anexo V

**Ensaio pré-germinação:** resultados das análises estatísticas das taxas de germinações obtidas.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Kruskal-Wallis Test			
Teste de Pré-Germinação	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
Diferenças entre espécies	11,517	2	0,003

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Mann-Whitney Test					
Teste de Pré-Germinação	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]
1 vs 2	31,000	67,000	-0,106	0.915	0.959
1 vs 3	3,000	39,000	-3,113	0,002	0,001
2 vs 3	6,500	42,500	-2,765	0,006	0,005

## Anexo VI

**Ensaio em viveiro:** Evolução das percentagens de germinação das 3 proveniências ao longo dos 90 dias.

Data	Dia	<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	<i>A. dealbata</i> (Fundão)	<i>A. longifolia</i>
19-12-2012	0	0,0	0,0	0,0
27-12-2012	8	0,0	0,0	0,0
03-01-2013	15	23,7	71,4	5,2
04-01-2013	16	27,0	77,8	7,4
07-01-2013	19	37,0	79,1	12,6
09-01-2013	21	43,9	80,1	16,9
11-01-2013	23	49,0	80,6	25,7
14-01-2013	26	50,3	80,6	37,6
17-01-2013	29	51,0	81,1	48,8
18-01-2013	30	51,5	81,4	54,5
21-01-2013	33	51,5	81,4	61,4
23-01-2013	35	51,5	81,4	64,8
25-01-2013	37	51,5	81,4	72,1
28-01-2013	40	51,8	81,4	78,1
31-01-2013	43	51,8	81,4	80,0
04-02-2013	47	51,8	81,4	83,6
08-02-2013	51	51,8	81,6	85,2
13-02-2013	56	51,8	81,6	88,1
20-02-2013	63	51,8	81,6	91,4
27-02-2013	70	51,8	81,6	92,9
06-03-2013	77	51,8	81,6	93,1
13-03-2013	84	51,8	81,6	93,6
19-03-2013	90	51,8	81,6	93,6

## Anexo VII

**Ensaio em viveiro:** resultados das análises estatísticas das taxas de germinação obtidas.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Ensaio em Viveiro	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	1041,455	2	520,728	59,577	0,000

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Ensaio em Viveiro	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	8,35714	1,33675	0,000
1 vs 3	11,70000	1,24178	0,000
2 vs 3	3,34286	0,69084	0,000

## Anexo VIII

**Ensaio em viveiro:** evolução das percentagens de mortalidade das plantas emergidas.

Data	Dia	<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	<i>A. dealbata</i> (Fundão)	<i>A. longifolia</i>
19-12-2012	0	0,0	0,0	0,0
27-12-2012	8	0,0	0,0	0,0
03-01-2013	15	0,0	3,6	0,0
04-01-2013	16	0,5	10,9	0,5
07-01-2013	19	0,5	12,5	0,5
09-01-2013	21	2,0	15,3	2,0
11-01-2013	23	6,9	17,5	6,9
14-01-2013	26	18,2	25,0	18,2
17-01-2013	29	23,6	26,3	23,6
18-01-2013	30	25,1	27,8	25,1
21-01-2013	33	28,6	23,7	28,6
23-01-2013	35	32,0	33,4	32,0
25-01-2013	37	34,0	33,4	34,0
28-01-2013	40	34,0	34,1	34,0
31-01-2013	43	35,0	36,3	35,0
04-02-2013	47	37,4	31,6	37,4
08-02-2013	51	37,4	40,0	37,4
13-02-2013	56	38,4	40,3	38,4
20-02-2013	63	39,9	33,7	39,9
27-02-2013	70	40,4	41,3	40,4
06-03-2013	77	40,4	41,3	40,4
13-03-2013	84	40,4	41,6	40,4
19-03-2013	90	40,4	41,6	40,4

## Anexo IX

**Ensaio em viveiro:** resultados das análises estatísticas das taxas de mortalidade das plantas emergidas.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Ensaio em Viveiro	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	537,294	2	268,647	30,690	0,000

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Ensaio em Viveiro	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	3,64286	1,35714	0,037
1 vs 3	4,92381	0,93954	0,000
2 vs 3	8,56667	1,04944	0,000

## Anexo X

**Ensaio pré-germinação:** resultados das análises estatísticas do Índice de Vigor.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Índice de Vigor	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	216,631	2	108,315	0,149	0,862

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Índice de Vigor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	7,16506	15,99310	0,957
1 vs 3	5,03673	10,75705	0,951
2 vs 3	2,12833	13,14565	0,998

## Anexo XI

**Ensaio em viveiro:** resultados das análises estatísticas do Índice de Vigor.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Índice de Vigor	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	4657,368	2	2328,684	55,875	0,000

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Índice de Vigor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	22,58368	2,91054	0,000
1 vs 3	0,74150	2.70958	0,990
2 vs 3	21.84218	1.52409	0,000

## Anexo XII

**Fluorescência da clorofila a:** medições das diferentes proveniências.

Individuo	<i>A. dealbata</i> (Cabrum)	<i>A. dealbata</i> (Fundão)	<i>A. longifolia</i>
1	0,7409	0,6345	0,7438
2	0,6619	0,7123	0,725
3	0,7006	0,6908	0,78
4	0,7217	0,7542	0,79
5	0,69	0,5542	0,7157
6	0,7772	0,7143	0,7908
7	0,6648	0,7532	0,7176
8	0,6849	0,7918	0,7855
9	0,7579	0,7002	0,7716
10	0,7735	0,7606	0,7402
11	0,7515	0,7175	0,7552
12	0,7311	0,7116	0,7975
13	0,6602	0,7085	0,7242
14	0,7103	0,6904*	0,7917
15	0,7191	0,5168	0,7893
16	0,7773	0,5174	0,7528
<b>Média</b>	0,7202	0,6825	0,7607



## Anexo XIII

Fluorescência da clorofila a: resultados das análises estatísticas.

Verificação da existência de diferenças significativas entre proveniências:

Dunnett T3					
Fluorescência da clorofila a	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Diferenças entre espécies	0,048	2	0,024	7,489	0,002

Comparação estatística entre as 3 proveniências.1: *Acacia dealbata* (Cabrum); 2: *Acacia dealbata* (Fundão); 3: *Acacia longifolia*.

Dunnett T3			
Fluorescência da clorofila a	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig
1 vs 2	0,03716250	0,02343098	0,326
1 vs 3	0,04050000	0,01263301	0,010
2 vs 3	0,07766250	0,02236479	0,008

## Anexo XIV

Resultados da análise da concentração de clorofilas das plantas produzidas em viveiros segundo o método descrito por Wellburn (1994). Estes resultados permitem perceber e reforçar as conclusões retiradas no ensaio da fluorescência da clorofila.

	Clorofila <i>a</i> $\mu\text{g/g}$	Clorofila <i>b</i> $\mu\text{g/g}$	Clorofila Total $\mu\text{g/g}$	Carotenos $\mu\text{g/g}$	a/b
<i>Acacia dealbata</i> (Cabrum)	106,45	37,33	211,35	30,73	2,97
<i>Acacia dealbata</i> (Fundão)	92,38	27,66	180,31	34,96	3,42
<i>Acacia longifolia</i>	143,61	56,37	289,03	39,94	2,94